Beitrag

zur

Kenntnis der Purkinje'schen Fäden im Herzmuskel.

Inaugural-Dissertation

verfasst und

der hohen medicinischen Fakultät

der

K. B. Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Hans Karl Hofmann

aus Würzburg.

Mit zwei Tafeln.

Leipzig

Wilhelm Engelmann

1902.

Beitrag

zur

Kenntnis der Purkinje'schen Fäden im Herzmuskel.

Inaugural-Dissertation

verfasst und

der hohen medicinischen Fakultät

der

K. B. Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Hans Karl Hofmann

aus Würzburg.

Mit zwei Tafeln.

Leipzig

Wilhelm Engelmann

1902.

Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Fakultät der Universität Würzburg.

Referent: Herr Geheimrath Prof. Dr. v. Kölliker, Excellenz.

(Sonder-Abdruck aus: »Zeitschrift für wissensch. Zoologie«. LXXI. Bd. 3. Heft.)

Seiner Excellenz

Herrn Geheimrath Professor Dr. Albert v. Kölliker

in Verehrung und Dankbarkeit

gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549805_0082

Von jeher hat die Struktur und namentlich die richtige, auf entwicklungsgeschichtlicher Basis beruhende Deutung der histologischen Elemente des Muskelsystems den Forschern viele Schwierigkeiten bereitet, und lange ließ eine jetzt von den meisten Autoren angenommene und als richtig anerkannte Erklärung auf sich warten. Es war dies nicht nur die glatte Muskulatur und das Skelettmuskelsystem, in viel höherem Maße war es der Fall beim Herzmuskel und den im Herzen vorkommenden Gebilden, die man den Muskeln zutheilen muss; ich meine die Deutung und histologische, entwicklungsgeschichtliche Erklärung der sogenannten Purkinje'schen Fäden. Diese eben so interessanten als höchst eigenartigen Gebilde habe ich auf Anregung von Sr. Excellenz Herrn Geheimrath Dr. A. v. Kölliker im Folgenden einer genaueren Untersuchung unterzogen.

Zum richtigen Verständnis ihrer Struktur und Beschaffenheit und ihrer ganzen Bedeutung ist es nöthig, die Litteratur über diese viel umstrittenen Gebilde genau zu kennen. Es sei mir desshalb vergönnt, das Wichtigste und Nothwendigste hiervon in aller Kürze mitzutheilen.

Historisches.

Im Jahre 1845 entdeckte Purkinje eigenthümliche, graue Fäden von gallertiger Beschaffenheit unter der serösen Haut des Herzens beim Schaf, dann auch beim Rind, Pferd und Schwein. Diese Fäden, welche nach ihrem Entdecker Purkinje'sche Fäden genannt wurden, fanden ihre erste Beschreibung in Müller's Archiv vom Entdecker

selbst. Nach ihm bestehen sie aus zahlreichen polyedrischen Körnern, die kernhaltig sind und von denen fünf bis sechs Reihen einen Faden bilden. Die Körner selbst sind von muskelähnlichen Membranen umschlossen. Im Querschnitt erscheinen diese als Doppelfasern, die sich zwischen den Körnern befinden und quer gestreift sind wie die Muskeln des Herzens. Die Körner ließen sich nicht isoliren. PURKINJE war geneigt, dieselben für Knorpelgewebe zu halten und die Zwischenmembranen für muskulöses Gewebe. Er findet diese Fäden nicht beim Menschen, Hund, Hasen, Kaninchen und bei der Katze.

Im Jahre 1852 war es v. KÖLLIKER, der zuerst diesen Fäden die richtige Erklärung gab, indem er sie zum Muskelgewebe rechnete. Die Abtheilungen der PURKINJE'schen Fäden — die Körner und die sie nach Ansicht PURKINJE's umgebenden muskulösen Membranen — bezeichnet er als »große, polygonale Zellen mit schönen Kernen, die im Innern, wie es scheint nur an der Wand, eine quergestreifte Masse enthalten, die von der der Herzmuskelfasern nicht zu unterscheiden ist«. Dass diese Zellen wirklich quergestreifte Muskelzellen sind, beweist er ferner dadurch, dass es ihm gelang, am frischen Endocard des Ochsen ihre Kontraktionen unter dem Mikroskope zu beobachten. Derselbe giebt, wie ich gleich jetzt bemerken will, in einer späteren Bemerkung über die PURKINJE'schen Fäden eine Erklärung über ihre Bedeutung, indem er schreibt: »Diese Fäden stellen eine embryonale, aber mit Bezug auf Größe der Zellen eigenthümlich entwickelte Form der Muskelfasern des Herzens dar und zeigen mannigfache Übergänge zu Fasern mit verschmolzenen Zellen.«

Die Thatsache, dass die Fäden zum Muskelsystem in Beziehung stehen, begründet nach A. v. KÖLLIKER THEODOR v. HESSLING in Zeitschrift f. wiss. Zool. durch eingehende namentlich chemische Untersuchung. Er findet sie nicht nur im Endocard, sondern auch vereinzelt im Myocard, was auch v. KÖLLIKER bestätigte, und im Pericard. Die Fäden sind nach v. HESSLING Stränge, die aus »Körnern« und einer diese umgebenden Zwischensubstanz bestehen. Die Körner sind solide Körper, durchsichtig, mit scharfem Rand und mehreren Kernen, »die sich durch Theilung vermehren«; er unterscheidet Längsstreifen, die er durch Impression durch das umgebende Gewebe erklärt, und Querstreifen, die er für muskulöse Elemente und zum Theil für Runzeln hält; die periphere Streifung besteht aber aus umgelagerter Muskelsubstanz. Die Zwischensubstanz endlich gehört zum echten Herzmuskelgewebe. Die Züge bilden

mannigfache Durchflechtungen und Netze. Ob die Körner Zellen seien, diese Frage überlässt er der Entwicklungsgeschichte.

Kurz darauf erschien eine Arbeit von C. B. Reichert in Müller's Archiv 1855. Nach seiner Ansicht ist die von Hessling für zwischengelagerte, gewöhnliche Muskelmasse des Herzens gehaltene, quergestreifte Zeichnung »auf die spiegelnden quergestreiften oder auch längsgestreiften Seitenwände der Körperchen selbst« zurückzuführen. Zwischengelagerte Muskelsubstanz giebt es nicht. Die Körper sowie die Purkinje'schen Fäden überhaupt sind gewöhnliche quergestreifte Muskelfasern, die außergewöhnlich kurz, dick und durchscheinend sind; sie zeigen die bei embryonalen, quergestreiften Muskelfasern so häufig vorkommenden Kerne und körnige Beschaffenheit. Die Hüllen oder Scheiden der Fäden sind nur bindegewebiger Natur und stehen mit dem Bindegewebe des Endocard bezw. dem des Pericard und dem des Myocard in kontinuirlichem Zusammenhang. Die kurzen Muskelcylinder selbst sind mit dem einen, abgestumpften Ende gegen die Muskelmasse des Herzens mit dem anderen gegen die elastische Faserschicht des Endocardiums gerichtet. Desshalb glaubt Reichert, dass die Purkinje'schen Fäden einen Tensor endocardii bilden.

Den gleichen Befund führt nach ihm auch F. Leydig in seinem Lehrbuch der Histologie auf.

Einige Jahre später äußerte sich R. Remak über die Purkinje-schen Fäden in einer Abhandlung »Über die embryologische Grundlage der Zellenlehre«. Dieselben sind Muskelfasern im Endocard der Herzkammern bei Schafen und Rindern, sie sind quergestreift und anastomosiren. »Die Kerne liegen nicht zwischen dem Cylinder und dem Sarcolemma an der Oberfläche, sondern im Innern von gallertigen, großen Kugeln, welche die Kontinuität des Cylinders von Stelle zu Stelle unterbrechen, im Übrigen mit dem Sarcolemma in Berührung oder Verbindung stehen. Diese Einrichtung hat offenbar den Zweck, die Leistungsfähigkeit der Muskelfasern des sehr festen und elastischen Endocards so weit herabzusetzen als nöthig ist, um eine vollkommene Entleerung der Herzkammern verhindern zu helfen.«

Im Jahre 1863 erschien eine Arbeit von Ch. Aeby »Über die Bedeutung der Purkinje'schen Fäden im Herzen«. Die quergestreifte, muskulöse Zwischensubstanz Hessling's existirt nach Aeby nicht als solche, sondern ist nur anhaftende Muskelmasse. Er betont ausdrücklich, dass die Querstreifung den Zellen selbst angehört, wie v. Kölliker zuerst erkannt hatte, dass sie also nicht intercellulär, sondern intracellulär ist und zwar meist nur als periphere Auflagerung.

Zwischen zwei an einander liegenden Zellen erkennt er Spalten und Vacuolen. Es bestehen ferner zwischen den PURKINJE'schen Fäden und den Herzmuskelfasern sehr innige Beziehungen. AEBY konnte nämlich den Übergang der Fäden in Herzmuskelfasern direkt beobachten. Daraus zieht er den Schluss, dass erstere ein Entwicklungsstadium der letzteren seien; er ist sogar der Ansicht, dass alle Herzmuskelfasern aus den PURKINJE'schen Zellen sich entwickeln. Zum Beweise führt er an, dass er »gegliederte Muskelfasern« in allen Lebensaltern der Thiere und des Menschen gesehen habe. Nur bei einzelnen Thieren erhalte sich eben das Bildungsmaterial der Muskelfasern des Herzens in Form der PURKINJE'schen Fäden noch in späteren Lebensaltern. Er findet die Fäden nicht beim Menschen und Kaninchen, bei der Hausmaus und dem Maulwurf.

Im Jahre 1866 widmete C. EBERTH den PURKINJE'schen Fäden einige kurze Bemerkungen in einer Arbeit »Über die Elemente der quergestreiften Muskeln«; er bespricht hierbei ausführlich die Behandlung der Präparate mit Argentum nitricum, die Isolirungsmethoden und die Resultate derselben beim Herzmuskel; dabei kommt er auch auf die PURKINJE'schen Fäden zu sprechen: »Die netzförmig verzweigten Muskelbalken des Endocards erscheinen durch schmale Scheidewände einer glänzenden Substanz von dem Aussehen des Gewebskittes, wie er sich z. B. bei den Epithelien findet, in kürzere und längere polygonale Felder getheilt, welche genau den einzelnen Muskelzellen entsprechen. Die Zellen dieser Muskelfäden werden also durch Scheidewände einer Kittsubstanz getrennt und liegen so zu sagen als Ausfüllungsmasse in den Lücken derselben, wie etwa Mauersteine zwischen dem sie verbindenden Mörtel.«

1867 finden die PURKINJE'schen Fäden eine sehr ausführliche Beschreibung von OBERMEIER; er bespricht zuerst das Vorkommen derselben im Herzen und findet sie im Endocard und Myocard, vermisst sie aber im Pericard. »Die für PURKINJE'sche Fäden gehaltenen Züge im Pericard erweisen sich als bindegewebige, sehnige Stränge, wie sie auch in anderen sehnigen Häuten gefunden werden. Eben so vermisst er sie im Vorhof und den Herzklappen. Was das Vorkommen bei Thieren betrifft, so findet er sie neu bei der Gans und bei der Taube, vergeblich hat er sie gesucht beim Menschen, Kaninchen, Hasen, bei der Katze und der Maus, ferner beim Frosch. Als Definition eines PURKINJE'schen Kornes stellt er folgende auf: »Cylindrische oder ovoide Körper mit hyaliner Achsensubstanz, in der kernartige Körper etc. eingebettet liegen, und peripherischer,

längs- und quergestreifter Rindensubstanz«. Von diesen cylindrischen Körpern — Körner der Autoren — unterscheidet er je nach der mehr muskulösen, kernlosen oder der mehr hyalinen, kernhaltigen Beschaffenheit der Körner drei verschiedene Arten. Eine Zwischensubstanz kann Obermeier nicht anerkennen, er führt sie auf optische Täuschung zurück und bringt hierfür Beweise. Dagegen besteht eine bindegewebige Scheide, indem die Fäden in einem lamellösen Gerüst von Bindegewebe liegen, das keine Querstreifung zeigt. Verfolgt man die Fäden bis zu ihren Endigungen, so erkennt man den Übergang in gewöhnliche Herzmuskeln. Doch hält Obermeier die Entwicklung der Herzmuskelfasern aus diesen Fäden nicht für genügend erwiesen.

M. Lehnert bestreitet in seiner 1868 erschienenen Arbeit »Über die Purkinje'schen Fäden« das Vorkommen derselben bei einer ganzen Reihe von Thieren, bei denen frühere Forscher sie gefunden hatten, und erklärt diese für andere Bildungen. »Denn zu dem Begriff eines Purkinje'schen Fadens gehört nach seiner Ansicht das Bestehen aus einzelnen, von einander isolirbaren Körnern.« Er findet sie nur beim Rind, Schaf, Ziege, Pferd, Schwein und Reh, und zwar nur im Endocard und Myocard, nicht aber im Pericard. Er kommt zu dem Schluss, dass »in den Purkinje'schen Fäden zahlreiche, netzförmig angeordnete, sich vielfach durchkreuzende und durchflechtende Züge quergestreifter Muskelfibrillen vorhanden sind, deren Maschen von den Purkinje'schen oder Hessling'schen Körnern ausgefüllt sind«. Die Hauptbestandtheile der Purkinje'schen Fäden sind nach ihm die quergestreiften Muskelfibrillen — die Zwischensubstanz — die theils peripher, theils central von den Körnern verlaufen, so dass die centralen die Fortsetzung der peripheren sind. Sie entspringen aus der Herzmuskulatur und verlaufen wieder als Muskelbündel weiter, nachdem sie die Maschen für die Körner gebildet haben. In den Lücken befindet sich eine hyaline, gallertige Substanz, Muskelkerne, Pigmentkörnchen und Fetttröpfchen. Diese hyaline Masse mit den Muskelkernen ist nach der Entwicklungsgeschichte der Überrest des zur Bildung des Purkinje'schen Fadens verwendeten Bildungsmaterials. Von seinem Standpunkte aus betrachtet, sind die Purkinje'schen Fäden nichts weiter als Züge gewöhnlicher Muskelsubstanz, bei denen die sonst übliche Anordnung in Bündel ganz verschwindet und die sich nach allen Richtungen hin durchkreuzen und durchflechten, die ferner zahlreiche Muskelkerne und fast überall noch Überreste der im embryonalen Zustande reichlicher vorhanden gewesenen eiweißartigen Substanz haben.

S. Stricker referirt in seinem »Handbuch der Lehre von den Geweben des Menschen und der Thiere« (1871) über die hauptsächlichsten Streitpunkte bei der Textur der Purkinje'schen Fäden, stellt sich aber auf die Seite derer, die »jedes Korn für eine Muskelzelle ansehen, an welcher (als embryonales Stadium) nur die peripherischen Schichten zu kontraktiler Substanz umgewandelt sind«. Ihre Bedeutung näher und genauer darzulegen, ist Sache der Entwicklungsgeschichte.

Das im Jahre 1876 erschienene Lehrbuch der allgemeinen und mikroskopischen Anatomie von W. Krause brachte eine kurze Bemerkung über die Purkinje'schen Fäden. »Es sind sekundäre, aus Reihen von polyedrischen, auf embryonaler Entwicklungsstufe stehen gebliebenen, kontraktilen (Kölliker, 1852) Muskelzellen zusammengesetzte Muskelbündel, deren Zellen nur an ihrer Peripherie quergestreift sind, während in der Achse, woselbst auch der Kern sitzt, die Sonderung des kontraktilen Protoplasma in anisotrope und isotrope Substanz gar nicht oder nur in Form einzelner, eingelagerter Muskelkästchenreihen eingetreten ist.« Er findet sie nicht beim Menschen, Kaninchen etc. und niederen Wirbelthieren.

Während bis jetzt sämmtliche Forscher die Purkinje'schen Fäden beim Menschen vermissten, erwähnt Henle 1876 in seinem Handbuch der Gefäßlehre des Menschen auch deren Vorkommen beim Menschen. Er schreibt p. 63: »Unter dem Endocardium kommen beim Menschen in den ersten Lebensmonaten, bei manchen Thieren auch im erwachsenen Zustande Netze grauer Fäden vor, von Purkinje entdeckt und nach ihm benannt, welche aus an einander gereihten kürbiskernförmigen Zellen bestehen, in denen Kölliker einen quergestreiften, dem animalischen Muskelgewebe ähnlichen Inhalt erkannte.« Sie scheinen neue, in Bildung begriffene Schichten des muskulösen Theils der Herzwand zu sein.

1877 kam eine kurze Notiz von C. Gegenbaur über das Vorkommen der Purkinje'schen Fäden (Morphologisches Jahrbuch, 3. Band 1877). Er findet sie im Herzen eines 15jährigen Menschen und zwar nicht nur im Endocard, sondern auch im Innern des Myocards. Er fasst sie als in eigenthümlicher Richtung entwickelte Elemente des Herzmuskels auf. Auffallend ist nach ihm, dass das sonst im Innern einer normalen Myocardzelle reducirte Protoplasma hier ein so bedeutendes Volum besitzt. Anstatt Abnahme zu zeigen mit der Differenzirung einer kontraktilen peripherischen Schicht, ist eine Vermehrung der indifferenten Zellsubstanz, und damit auch eine Vergrößerung des Kerns erfolgt.

1886 war es R. Schmaltz, welcher sich mit der Frage der Purkinje'schen Fäden beschäftigte. Er hält die Entwicklungsgeschichte als die unentbehrliche Basis für die Entscheidung der Bedeutung dieser Fäden. Er findet sie bei allen Haussäugethieren und glaubt, dass sie ein eigenartiges, muskulöses Organ bilden oder, ohne selbst Muskelzellen zu sein, nur mit Muskelfibrillen in Verbindung treten derart, dass diese Fibrillen Stränge zwischen den Zellen darstellen und auch den fibrillären Belag der Zellen ausmachen. Diese beiden Arten von Fibrillen, die Belegfibrillen und die intercellulären, stammen aus dem Myocard. Nach diesen Untersuchungsresultaten ist Schmaltz der Ansicht, dass die Purkinje'schen Zellen ein besonderes Organ mit muskulöser Wandung darstellen, vielleicht einen muskulomotorischen Endapparat, jedenfalls aber für die Thätigkeit des Herzens wesentlich seien.

L. Ranvier widmet in seinem 1888 erschienenen technischen Lehrbuch der Histologie den Purkinje'schen Fäden einen besonderen Abschnitt. Er findet sie beim Ochsen, Schaf, Schwein, bei der Ziege und einer Reihe anderer Thiere. Betrachtet man frische Präparate von Purkinje'schen Zellen, denen man Jodserum zusetzt, so erscheinen die Fasern aus polyedrischen Zellen zusammengesetzt, »die neben einander liegen wie in einem platten Epithel«. An den Rändern dieser Zellen sieht man Längs- und Querstreifung, in der Mitte eine körnige Protoplasmamasse, in der man einen oder zwei ovale Kerne sieht. An den isolirten Fäden erscheint zwischen zwei benachbarten Zellen eine Längs- und Querstreifung; wegen des innigen Zusammenhangs der sich berührenden Zellen kann man die Grenze zweier Zellen nicht bestimmen; es scheint, als ob diese Zellen von einem Netz von Muskelfasern umschlossen seien; doch sieht man auch auf der freien Oberfläche Längs- und Querstreifung, die deutlich der Zelle angehörig erscheint. Die Dicke der gestreiften Schicht ist an der freien Fläche geringer als an den Verbindungsflächen, die Grenze der beiden Flächen findet sich nicht am Rand der Purkinje'schen Faser, sondern tiefer. Dabei kommt es vor, dass einzelne Zellen abgezupft werden, welche dann sehr deutlich gestreift sind und deren Kerne eine körnige Masse umgiebt. Jeder Zweifel in Bezug auf die Anwesenheit einer gestreiften Zwischensubstanz muss schwinden, sobald man die einzelnen Zellen isolirt durch 40% Kali caust. Die Faser zerfällt dabei in Schollen, deren jede einer Zelle entspricht, und mit ihr einen entsprechenden Theil der gestreiften Substanz in sich fasst. Diese Beobachtung stürzt die Ansicht Aller um, die

behaupten, dass die gestreifte, peripherische Substanz ein unabhängiges muskulöses Netz bilde, in dessen Maschen die Purkinje'schen Zellen einfach eingeschlossen wären. An Übersichtspräparaten, die man nach Einwirkung von verdünntem Alkohol und Färbung mit Karmin Pikrokarmin oder Hämatoxylin erhält, konstatirt Ranvier, dass ein Übergang der Purkinje'schen Fäden in die Herzmuskelfasern stattfindet. Zum Schlusse kommt er zur Erklärung der Purkinje'schen Fäden. »Die sich entwickelnden gestreiften Muskelfasern der Säugethiere bestehen aus einem körnigen Protoplasmacylinder, welcher Kerne enthält und an seiner Oberfläche eine gestreifte Schicht zeigt, die allmählich an Dicke zunimmt, in dem Maße, als die centrale Protoplasmamasse verschwindet. Es folgt daraus, dass ein embryonales Primitivbündel als eine verlängerte, bloß an ihrer Oberfläche gestreifte Zelle betrachtet werden kann. Dies ist aber die Zusammensetzung einer Purkinje'schen Zelle.« Dessbalb stimmt Ranvier Kölliker bei und hält die Fäden für Reihen in ihrer Entwicklung aufgehaltener Muskelzellen; sie würden demnach embryonale Herzmuskelfasern darstellen.

Im nämlichen Jahre erschien das Lehrbuch der Gewebelehre von C. Toldt, in welchem die Purkinje'schen Fäden kurz erwähnt werden. Toldt giebt unter Anderem an, dass die Zellen zum Theil aus leicht quergestreiftem Inhalt bestehen, von Strecke zu Strecke aber durch wohl charakterisirte Muskelsubstanz ersetzt werden. »Häufig scheinen diese Zellen ganz von einer Schicht quergestreifter Substanz umschlossen.« Die Bedeutung ist noch völlig unklar.

E. A. Schäfer bezeichnet 1893 in Quain's elements of anatomy die ganze Anordnung der Fäden als ein Netzwerk von sich durchflechtenden Muskelfibrillen, dessen Maschen ausgefüllt sind von polygonalen Zellen. Diese Muskelfibrillen findet man an der Peripherie einer jeden Zelle, sie umgeben letztere und verbinden sie mit benachbarten Zellen. Er erklärt die Zellen als eigenthümliche, in der Entwicklung aufgehaltene Bildungen.

Nur kurz erwähnt sind die Purkinje'chen Fäden im 1895 erschienenen Lehrbuch der Histologie von A. Böhm und M. von Davidoff. Sie sind der Ansicht, dass die genannten Fäden aus Zellen bestehen, die dadurch bemerkenswerth sind, »dass ihr Protoplasma nur zu geringen Theilen, und zwar an der Peripherie kontraktile, quergestreifte Substanz gebildet hat. Sie kommen bei einigen Thieren zahlreich vor, seltener beim Menschen«.

M. Duval bespricht die Purkinje'schen Fasern ausführlicher in

seinem 1897 erschienenen Lehrbuch; er findet sie beim Rind, Schwein und Schaf, nicht aber beim Menschen. Er erklärt ausdrücklich, dass die gestreiften Fibrillen nicht zwischen den Zellen gelagert sind, sondern den Zellen selbst angehören, indem sie deren Randschicht bilden. Die Zellen hält er für in der Entwicklung zurückgebliebene Elemente; er erkennt ferner Übergänge von den PURKINJE'schen Fäden in Herzmuskelfasern, sogar solche Fäden, die die gewöhnliche Herzmuskelfaser nur streckenweise zu unterbrechen scheinen.

Im Jahre 1898 erschien eine Arbeit von R. MINERVINI »Particolarità di struttura delle cellule muscolari del cuore«. Er findet die Fäden nicht beim Menschen, nur beim Kalbe, dem Lamm und der Ziege, sie fanden sich unter dem Endocard, mitunter isolirt, meistens in Gruppen vereinigt oder zu Ketten, auch im Myocardium selbst. Die Muskelfasern bilden die direkte Fortsetzung der PURKINJE'schen Zellen. Von RANVIER's Ansicht, der, wie oben schon erwähnt, im Wesentlichen von KÖLLIKER's Auffassung gefolgt ist, kann sich MINERVINI nicht überzeugen. Dass diese Zellen in ihrer Entwicklung stehen gebliebene Muskelzellen sind, hält er für nicht richtig, da bei der Entwicklung einer Muskelzelle solche Formen nicht vorkämen. Eben so wenig kann er sie mit SCHMALTZ für besondere Organe halten; er erklärt sie als muskulöse Elemente und zwar als hydropische Formen der gewöhnlichen Muskelzellen, oder auch für nicht vollkommen ausgebildete Zellen, die ohne Funktion sind.

Die neueste Arbeit über die PURKINJE'schen Fäden ist die von H. HOYER, »über die Kontinuität der kontraktilen Fibrillen in den Herzmuskelzellen«. Nach längeren Darlegungen über Methoden und Präparate kommt er schließlich zu folgendem Urtheil: »Die PURKINJE'schen Zellen stellen in Entwicklung begriffene muskulöse Elemente dar, die in ihrem Längswachsthum behindert worden sind, und sich daher mehr in die Breite und Dicke entwickelt haben. Nichtsdestoweniger haben sich in denselben kontraktile Fibrillen ausgebildet, welche an der Peripherie der Zellen gelagert von Zelle zu Zelle ununterbrochen verlaufen. Die Verlaufsrichtung der Fibrillen entspricht der Anordnung der Zellen zu Strängen, dabei ist es noch nicht ausgeschlossen, dass auch Fibrillen in die seitlich liegenden Nachbarzellen übergehen und in ihrer Anlage den zwischen echten Herzmuskelzellen bestehenden Anastomosen entsprechen. Die Fibrillen bilden allein die Verbindungsbrücken zwischen den einzelnen Zellen, während letztere im Übrigen, besonders in ihren axialen Theilen von einander getrennt bleiben. Bei fortschreitendem Wachsthum des

Herzens gehen die Purkinje'schen Zellen allmählich, namentlich in den tieferen Lagen, in Herzmuskelzellen über.«

Eigene Untersuchungen.

Was den makroskopischen Befund betrifft, so kann ich mich hier sehr kurz fassen; er ist sehr genau und sehr ausführlich in den Abhandlungen von Obermeier und anderen Autoren angegeben und kann ich diese Angaben voll und ganz bestätigen. Schwieriger ist der mikroskopische Befund sowie die richtige Deutung der histologischen Bilder. Dieser mikroskopische Befund war es, der bei den Autoren zwei, einander so entgegengesetzte Ansichten hervorrief: die einen, an ihrer Spitze von Kölliker, erkennen die Fäden als Muskelzellenreihen mit quergestreifter Wand und schönem Kern in der Mitte, die anderen nehmen zwei Bestandtheile an: quergestreifte Zwischensubstanz und eingeschlossene Zellen. Noch mehr gehen die Ansichten aus einander in Bezug auf die Bedeutung der Purkinje-schen Fäden. Während eine Anzahl von Forschern dieselben als in der Entwicklung stehen gebliebene Zellen auffasst, hält sie Schmaltz für eigene Organe, andere für wieder etwas Anderes. Auch über das Vorkommen derselben im Herzen und Vorkommen bei Thieren scheint keineswegs eine einheitliche Ansicht zu bestehen. Indem ich mich mit dem letzterwähnten Punkte zuerst befasse, gehe ich zu dem histologischen Befund meiner eigenen Untersuchung über.

I. Vorkommen der Purkinje'schen Fäden.

Was das Vorkommen der Purkinje'schen Fäden im Herzen betrifft, so sind, wie aus dem Studium der Litteratur hervorgeht, fast alle Autoren einig, dass sie sowohl im Endocard als auch im Myocard vorkommen. Dagegen werden sie als im Pericard vorkommend von manchen gar nicht erwähnt, von manchen nicht als Purkinje'sche Fäden erkannt und gehalten. So sagt Obermeier in seiner Abhandlung: »Über Struktur und Textur der Purkinje'schen Fäden«: »In dem visceralen Blatt des Pericardium beobachtet man zwar feine Züge von Fäden, die sogar stärker über die Oberfläche vorspringen; doch haben dieselben einen mehr gestreckten, nicht so häufige und charakteristische Netze bildenden Verlauf. Sie scheinen desshalb bereits dem unbewaffneten Auge eine andere Bedeutung zu haben als die Fäden des Endocards, und dies bestätigt sich auch bei Untersuchung schon mit Hilfe schwacher Vergrößerung. Die im Pericard

gesehenen Züge erweisen sich als bindegewebige, sehnige Stränge, wie sie auch in anderen sehnigen Häuten vorkommen.« Durch Untersuchung einer großen Anzahl von Präparaten verschiedener Thiere, bin ich in der Lage gewesen, PURKINJE'sche Fäden sowohl im Endocard und Myocard als auch im Pericard nachzuweisen. Die Wahrnehmung OBERMEIER's, dass es sich nur um bindegewebige Stränge handle, habe ich nicht machen können. Vielmehr waren es Fäden derselben Art und von derselben histologischen Beschaffenheit, wie es die Fäden im Myocard und Endocard sind, dieselben Stränge von Zellen, quergestreift mit deutlichen Kernen und allen Stufen der Entwicklungsform wie in den anderen Theilen auch. Die Präparate waren Durchschnitte durch die ganze Herzwand verschiedener Thiere.

Was die Häufigkeit ihres Vorkommens betrifft, so schien es mir, dass am zahlreichsten diese Fäden dicht unter dem Endocard vorkommen, von wo aus, wie die Autoren berichten, sie sich gegen das Myocard vorschieben und in dieses eindringen. Aber auch unabhängig von diesen sieht man mitten im Myocard der verschiedensten Thiere diese Zellengruppen, allerdings in etwas weniger häufiger Zahl als im Endocard. Im Pericard stehen sie an Häufigkeit etwa zwischen Endocard und Myocard.

PURKINJE entdeckte seine Fäden, wie bekannt, im Herzen des Schafes; dann fand er sie auch beim Rind, Pferd und Schwein. Diesen Befund bestätigt AEBY und fügt als neu hinzu Hund, Katze, Igel, Marder und Huhn. OBERMEIER findet sie neu bei der Gans und Taube. Vermisst wurden sie bis zum Jahre 1867 beim Menschen, Kaninchen, Maus, Maulwurf (AEBY), Katze, Hasen und Frosch (OBERMEIER). Die Meinungen der späteren Forscher sind sehr verschieden. Während LEHNERT die PURKINJE'schen Fäden nur beim Schaf, Rind, Ziege, Schwein, Pferd und Reh anerkennt, bei den übrigen Thieren nicht, obgleich er behauptet, auch bei anderen Thieren die von den Autoren beschriebenen Fäden gesehen zu haben, aber nicht als PURKINJE'sche Fasern anerkennt, schreibt SCHMALTZ, er habe sie bei allen Säugethieren gefunden. HENLE und GEGENBAUR behaupten sogar, sie auch beim Menschen gesehen zu haben. Der Vollständigkeit halber habe ich auch von den verschiedensten Thieren Schnitte gefertigt und untersucht, ohne dass ich zu der Überzeugung hätte gelangen können, dass es von principieller Wichtigkeit sei, bei allen möglichen Thieren dieselben aufzusuchen. Denn ich bin zu der Ansicht gekommen, dass sie wohl bei allen höheren Thieren vorkommen können, wenn es auch nicht immer gelingt, dieselben in jedem Prä-

parate und in allen Stadien und zu jeder Zeit nachzuweisen. Auch das Vorkommen beim Menschen hätte, von diesem Standpunkte aus betrachtet, nichts Befremdendes, eben so aber auch nicht ihr häufigeres Fehlen. Ich habe sie gefunden bei Rindsembryonen verschiedener Größe, beim Kalb, beim ausgewachsenen Rind, beim Kaninchen, bei der Ratte, bei der Maus, bei der Taube, beim Hühnchenembryo und hauptsächlich und am schönsten entwickelt beim Schaf. Von menschlichen Embryonen und auch von einem 27jährigen Menschen habe ich ebenfalls Serien von Herzpräparaten untersucht, aber es ist mir in keinem Fall gelungen, vollkommen beweisende Stellen von Purkinje'schen Zellen zu finden. Man hat sich hierbei namentlich zu hüten, Purkinje'sche Zellen mit den verschiedenen schräg-, quer- oder längsgetroffenen Herzmuskelfasern zu verwechseln. Da die Herzmuskelfasern sich so vielfach durchflechten, kommen oft zwischen lauter längsgetroffenen Fasern breite, runde Zellgruppen vor, die den Purkinje'schen Zellen äußerst ähnlich, leicht geeignet sind, eine Täuschung hervorzurufen, aber nichts Anderes als Durchschnitte quergetroffener Herzmuskelfaserbündel vorstellen.

II. Isolirungsfähigkeit.

Zur Entscheidung der Frage betreffs der zelligen Natur ohne Zwischensubstanz oder mit Zwischensubstanz halte ich im Wesentlichen Eberth's Anschauungen für richtig. Auch ich bin mit Eberth und Ranvier der Ansicht, dass am einfachsten und deutlichsten die strittige Frage entschieden werden kann durch Isolirung. Ich habe desshalb von Kaninchen- sowohl als auch von Kalbsherzen Stücke in 33% Kali caustic. gelegt und sie dann nach einigen Stunden frisch untersucht. Ich konnte hierbei konstatiren, dass die Herzmuskelzellen alle schon isolirt waren, von selbst, ohne künstliche Hilfe. Die Purkinje'schen Zellen dagegen waren noch fest beisammen. Es zeigt dies, da es an allen untersuchten Stücken der Fall war, dass die Purkinje'schen Zellen fester zusammenhaften und inniger verbunden sind. Übte man aber einen gelinden Druck auf das Deckglas aus, oder brachte man mechanisch eine Erschütterung herbei, so fielen sie in einzelne Stücke aus einander. Dasselbe beobachtete man auch bei Stücken, die länger in Kali caustic. lagen, von selbst.

Die Stücke, die hier vorlagen, waren spindelförmige, ovale Zellen mit schönen Kernen, in deren Umgebung das Protoplasma etwas gekörnt erschien. Die Zellen zeigten am Rande deutliche Querstreifung, auch war eine feine Längsstreifung zu konstatiren. Stellte man aber

den Focus des Mikroskops höher ein, so sah man, dass die erwähnte Streifung über die ganze Zelle hinwegging. Zu beweisen wäre nun noch, ob die ovalen, von mir eben als Zellen bezeichneten Stücke nur Zellen sind oder ob ihnen die von manchen Autoren beschriebene Zwischensubstanz noch anhafte, die vielleicht beim Isoliren aus einander gerissen worden wäre und den Zellen gleichsam als Belag aufliege. Dazu stellte ich nach dem Vorgang von C. Eberth Präparate mit Argentum nitricum her, um die Zellgrenzen deutlich zu machen und fand in Übereinstimmung mit demselben, dass die durch Kali caustic. isolirten Zellen in Form und Aussehen genau den mit Silber abgegrenzten entsprechen. Auch stellten die Silbergrenzen einfache Linien dar, von Zwischensubstanz war nichts wahrzunehmen. Beim nachherigen Zusetzen von Kali caustic. zerfielen die Zellgruppen in einzelne Zellen, alle versehen mit dem Silberrand — ein Beweis dafür, dass die isolirten Zellen genau den Zellen im Silberpräparat entsprachen. Zwischensubstanz fehlte auch hierbei vollständig. Daraus, dass bei den Silberpräparaten Zelle an Zelle stößt und dass diese Zellen beim Behandeln mit Isolirungsmitteln in einzelne Zellen zerfallen, bei denen die Querstreifung nur an die Zelle gebunden ist, muss man den Schluss ziehen, dass eine solche Zwischensubstanz nicht existirt, und denen zustimmen, die eine solche leugnen.

Man kommt desshalb zu dem Schluss, dass die Purkinje'schen Fäden in der That, wie A. v. Kölliker zuerst gezeigt hat, aus Reihen von Muskelzellen mit quergestreifter Randzone und schönen Kernen bestehen und nicht Zellen darstellen, die in eine gestreifte Zwischensubstanz eingebettet sind. Die Bestätigung dieser Thatsache, die schon von vielen Autoren angegeben wurde, war nöthig gemacht worden, einestheils um die gegentheilige Meinung zu bekämpfen, anderentheils schien es mir geboten, diese grundlegende Thatsache, die auch in der Entwicklungsgeschichte eine Rolle spielen muss, als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen gleich hier festzustellen.

III. Übergang der Purkinje'schen Fäden in normales Herzmuskelgewebe.

Dass die Purkinje'schen Fäden in gewöhnliche Herzmuskelfasern übergehen, ist eine seit A. v. Kölliker und Th. v. Hessling bekannte und fast von keinem Autor geleugnete Thatsache. Auch mir ist es in ungezählten Fällen gelungen, an mit Eisenhämatoxylin gefärbten Präparaten diesen Übergang direkt zu sehen. Man bemerkt leicht, dass die Purkinje'schen Zellen allmählich ihre Gestalt ändern,

indem sie statt der mehr spitzen Enden ein breiteres Ende haben und im Ganzen länger geworden sind. Sodann nehmen sie immer mehr Rechteckform an, und auf diese folgen Zellen mit schiefen Absätzen, wobei dieselben im Ganzen schmaler und länger geworden sind. Darauf kommen solche, die sich in nichts unterscheiden von den gewöhnlichen Herzmuskelzellen, mit denen sie auch weiterhin zusammenhängen und anastomosiren. Hierbei möchte ich auf einige Abbildungen verweisen, welche genau nach Präparaten gezeichnet sind, die mit Eisenhämatoxylin gefärbt waren. In der Zeichnung 1, welche einer Vergrößerung mit Ocular I Objektiv 3 eines Leitz-schen Mikrokops entspricht, sehen wir einen Strang Purkinje'scher Zellen, welche im Endocard des Herzens liegen. Die Zellen sind in der Mitte des Stranges von rundlicher Gestalt, wie die gewöhnlichen Formen der Purkinje'schen Zellen. Dann sieht man obengenannte Veränderungen sogar nach beiden Seiten auftreten, bis die Zellen endlich in gewöhnliche Herzmuskelfasern übergehen. Man sieht daraus, dass die Fäden nicht immer nur nach einer Seite hin in Herzmuskelfasern sich fortsetzen, sondern öfters auch nach beiden Richtungen hin, also gleichsam in den Verlauf der Herzmuskelfasern eingeschoben erscheinen. Genauer sehen wir die Verhältnisse in Abbildung 2 gezeichnet (Ocular I, Objektiv 7), welche die Verhältnisse desselben Präparates (Schaf *e* 4), jedoch bei starker Vergrößerung, darstellt, nämlich den Übergang nach oben hin. Die Zeichnung beginnt mit den schon rechteckigen Zellen, die im Mikroskop so eingestellt sind, dass die Querstreifung nur außen an der Peripherie zu sehen ist, im Innern dagegen jene homogene, gleichmäßige Masse, welche schon vielen Autoren bekannt war. In letzterer sehen wir, wie ich gleich hier bemerken will, schöne, große Kerne, auf deren Verhalten ich später ausführlicher zurückkomme, in vielen Zellen sogar zwei Kerne. Die quergestreifte Substanz tritt nach oben hin mehr in den Vordergrund, und ist jene homogene Innenmasse mehr auf die nächste Umgebung des Kernes beschränkt, so dass diese Zellen thatsächlich den Herzmuskelzellen immer ähnlicher werden, schließlich ihnen vollkommen gleichen, ein Übergang, wie er deutlicher und in den einzelnen Phasen genauer kaum zu sehen ist. Weniger gut letztere feineren mikroskopischen Verhältnisse zeigend stellt Fig. 3 (von einem Rindsembryo, Ocular I, Objektiv 7) mehr eine Übersicht dar über die äußere Formveränderung der Zellen. Zugleich hat man hier embryonale Verhältnisse. Man sieht ganz oben die charakteristischen rundlich-ovalen Zellen mit ihren großen Kernen;

die Form wird dann mehr rechteckig und schmaler, und endlich kommen immer deutlicher die Gestalt von Herzmuskelfasern zeigende Zellen mit deutlicher Querstreifung und ganz schmaler homogener Masse, aber immer noch großen Kernen.

Doch dieser Übergang von PURKINJE'schen Zellen in Herzmuskelfasern ist nicht das Einzige, was sich beobachten lässt. Bei einer Durchmusterung meiner Präparate sah ich in zahlreichen Fällen sowohl auf Längs- als auf Querschnitten von Serienpräparaten, dass die PURKINJE'schen Zellen in Herzmuskelfasern übergehen, dass aber auch die PURKINJE'schen Fäden in toto sich in ganze Herzmuskelbündel fortsetzen. Freilich gelingt es nicht, nachzuweisen, dass alle Herzmuskelbündel mit PURKINJE'schen Zellen in Verbindung stehen. Wenn man unbefangen die Herzmuskelfasern betrachtet, so kommt man auf den Gedanken, als ob zwei verschiedene Arten von solchen beständen; eine dunkel erscheinende, mehr gestreifte mit kleineren Kernen und eine hellere mit großen Kernen. Diese letztere Art fand ich nun im Zusammenhang mit den PURKINJE'schen Fäden.

Zum Nachweise dieses Überganges von ganzen PURKINJE'schen Fäden in ganze Herzmuskelbündel möchte ich nun zwei Abbildungen geben, einen Längs- und einen Querschnitt. Auf dem Längsschnitt aus einem Kalbsherzen (Fig. 4, Kalb I 12, Ocular I Objektiv 7) sieht man viele PURKINJE'sche Zellen in ihren Übergangsstadien zu Herzmuskelfasern, so dass sie ganze Bündel solcher bilden, die in weiterem Verlaufe in echte Herzmuskelfaserbündel übergehen, die noch weithin zu verfolgen sind. Das linke Bündel stellt ganz oben bereits normale Herzmuskulatur dar, das rechte unten; zum besseren Vergleiche habe ich auch nebenanliegende Herzmuskelfasern der oben erwähnten helleren Art zeichnen lassen. Beide aus PURKINJE'schen Zellen hervorgegangenen Bündel bilden auch eine Anastomose ganz wie gewöhnliche Herzmuskelfasern auch. Was wunderbar erscheint, ist, dass diese Anastomose noch in dem Theil stattfindet, der deutlich das Gepräge PURKINJE'scher Zellen zeigt. Eine Ergänzung und Bestätigung bildet der Querschnitt, der aus einem Schafherzen stammt (Fig. 5, Schaf *g* 3, Ocular III, Objektiv 7). Man erkennt auf demselben leicht die PURKINJE'schen Zellen, zu einem Faden an einander gereiht. Dieser Faden theilt sich in zwei dünnere Züge, aus welchen wiederum je ein Herzmuskelbündel hervorgeht. Der linke Zug theilt sich wieder in zwei noch kleinere Theile, aus denen jedoch, wie es scheint, nur Fasern hervorgehen. Doch lässt sich dies mit Gewissheit nicht behaupten, da das zweite Bündel eventuell in eine andere

Schnittrichtung gefallen sein könnte. Bei *b* sieht man noch ein kleineres Herzmuskelbündel hereinragen, das an der einen Ecke ebenfalls Purkinje'sche Zellen zeigt, an die sich das ganze Bündel anschließt. Auch ganz oben bei *c* finden wir ähnliche Verhältnisse. Viele Präparate zeigen diesen Übergang der Purkinje'schen Fäden in ganze Herzmuskelbündel, jedoch habe ich nur diese beiden ausgewählt, weil sie meiner Ansicht nach die Verhältnisse zur Genüge zeigen.

Werfen wir noch einen Blick auf die oben genauer beschriebenen Übergangsformen der Purkinje'schen Zellen, so sehen wir, dass sie noch heller sind als die fertigen Herzmuskelzellen, was damit zusammenhängt, dass die innere homogene Masse noch verhältnismäßig reichlich vorhanden, die quergestreifte Wand dagegen schmal und dünn ist. Ferner sind diese Zellen auch breiter und kürzer. Wenn man nun beliebige Präparate von Herzmuskeln betrachtet, so trifft man öfters Bündel von Zellen, welche diesen Übergangszellen äußerst ähnlich erscheinen, während bei anderen Bündeln dies nicht der Fall ist. Daraus schließe ich, dass die oben zuerst genannten Muskelbündel den aus Purkinje'schen Fäden hervorgegangenen entsprechen, während die anderen gewöhnliche Herzmuskelfasern bilden.

IV. Bau der Zellen.

Wenden wir uns nun den einzelnen Formen der Zellen zu, so sehen wir, dass dieselben von rundlich-ovaler Gestalt sind und sich durch ihre Größe auszeichnen. Das Protoplasma besteht aus zwei Bestandtheilen, jener öfters schon erwähnten homogenen Masse und einer Wandschicht von quergestreifter Muskelsubstanz. Mit letzterer Schicht grenzt Zelle direkt an Zelle, wie sich aus den Isolationspräparaten wie auch aus den mit Eisenhämatoxylin gefärbten Schnitten ergiebt. Achtet man auf die genauere Beschaffenheit dieser muskulösen Wand, so sieht man, dass sie wie jeder andere Muskel aus Fibrillen besteht. Das Verhalten der Fibrillen ist nun ein derartiges, dass sie nicht an der Zellgrenze enden, sondern kontinuirlich von Zelle zu Zelle gehen. Ich habe mich davon des öftern überzeugen können, sowohl in gefärbten als ungefärbten Präparaten. Dieses eigenthümliche Verhalten scheint mir jene Zähigkeit des Aneinanderhaftens der Purkinje'schen Zellen zu erklären, welches ich oben bei der Besprechung des Isolirens als eigenartig bezeichnet habe. In letzterer Zeit haben von Ebner, H. Hoyer und M. Heidenhain das nämliche Verhalten der Fibrillen theils bei den Purkinje'schen Fasern, theils bei den Herzmuskelfasern

überhaupt beschrieben, und bin ich bei meinen Untersuchungen zu dem gleichen Resultat gekommen. Im Wesentlichen herrscht bei den Zellen eine Querstreifung vor, doch ist eine feine Längsstreifung nicht zu verkennen. Während nun diese die ganze Zelle umfassende gestreifte Schicht viel des Interessanten und Neuen zeigt, ist der Hauptbestandtheil der Zellen, jene oben erwähnte homogene Schicht von ganz indifferentem, gleichmäßigem Bau. Sie erscheint uns fast in allen Zellen als ein heller, durchsichtiger Hof von ovaler Gestalt, um den Kern der Zelle gelagert. Sie bildet den größten Theil der Zelle bei denjenigen Formen, die den eigentlichen PURKINJE'schen Zellen entsprechen, während sie sich in den Übergangszellen zu Gunsten der quergestreiften Muskelwand verringert.

Die Kerne der PURKINJE'schen Zellen stellen äußerst chromatinreiche, große, runde Körper dar, die in der homogenen Masse gelegen sind. Auf die Struktur und den Bau derselben hier näher einzugehen, würde mich zu weit führen. Ich will nur erwähnen, dass jede Zelle nicht immer nur einen Kern besitzt, sondern dass die zweifache Anzahl das ungleich Häufigere bildet, ja, man kann drei bis vier Kerne in einer Zelle zu sehen bekommen. Dabei ist aber keineswegs das Volum dieser Kerne geringer, als wenn nur ein Kern vorhanden wäre; auch ist das Chromatingerüst das gleiche.

Erscheint es schon von vorn herein wunderbar, dass Zellen, die in der Entwicklung stehen geblieben oder zurückgeblieben sein sollen, solche Kerne besitzen, so muss es noch mehr Staunen erregen, dass diese Kerne keineswegs ruhen, sondern vielfach in lebhafter Theilung begriffen sind. Von dieser Theilung, die man in den Präparaten sehr häufig findet, sind zwei Arten zu unterscheiden: eine amitotische und eine mitotische. Erstere ist häufiger, letztere seltener. Ich möchte hierzu mehrere Zeichnungen bringen, die genau nach Präparaten gefertigt sind. Die beiden ersten stammen von einem Rindsembryo, der 13 cm lang ist (Fig. 6 und 7). Man sieht mitten unter den PURKINJE'schen Zellen Zellen liegen, deren Kerne sich in Theilung befinden und zwar deutliche Mitosen darstellen, etwa das Stadium eines Muttersternes. Doch wie gesagt, sind Amitosen viel häufiger und in jedem Präparate zu sehen. So sieht man zuerst die Kerne etwas größer werden und das färbbare Gerüst an Menge zunehmen. Auf dieses Stadium folgt ein zweites, in welchem der Kern sich schon getheilt hat, aber die beiden Kerne noch zusammenhängen (siehe Zeichnung 8—18). Allmählich trennen sich die Kerne von einander, indem sie in der homogenen Protoplasmazone gelegen aus

einander rücken; diese selbst tritt dabei deutlicher hervor und nimmt an Helle zu. Sodann schnürt sich die Protoplasmamasse etwas ein, wird annähernd biskuitförmig, so dass man zwei helle Höfe in der Umgebung der Kerne sieht, die durch eine Querbrücke in Verbindung mit einander stehen. Diese Verbindungsbrücke ist Anfangs noch breit; je mehr aber die Kerne sich entfernen, desto dünner wird sie. Schließlich reißt sie ganz durch, und es entstehen zwei helle Höfe mit je einem Kern, getrennt von einander. Sodann rückt an die Stelle der Verbindungsbrücke quergestreifte Muskelwandmasse herein. Dies ist in den beigegebenen Zeichnungen in den einzelnen Stadien zu erkennen, und brauche ich nur auf diese zu verweisen; eine nochmalige Erläuterung wäre unnöthig, da die obige Schilderung genau diesen Zeichnungen entspricht. Ich habe oben davon gesprochen, dass beide Zellen sich vollkommen theilen; das ist jedoch nicht immer der Fall. Man sieht in vielen Zellen die obige Kerntheilung vor sich gehen, ohne dass die Zelle selbst sich theilt; es kommt hierbei vielfach nur zur Einschnürungsform der homogenen Masse, die Kerne treten in die breitesten Theile derselben ein und bleiben so bestehen oder theilen sich wieder, so dass eine Muskelzelle zwei bis vier Kerne enthalten kann, jeder in einem homogenen Hof gelagert, der später in der Umgebung des Kernes öfter etwas gekörnt erscheint. Diese Höfe stehen durch schmälere oder breitere Brücken in Verbindung mit einander oder — was seltener ist — es unterbleibt diese Verbindung. All dieses ist umgeben von der quergestreiften, muskulösen Wand.

Nachdem ich nun den Bau der Zelle, ihre Theilung und ihr Wachsthum erörtert habe, möchte ich in Kürze besprechen, was aus diesen Untersuchungen für die Bedeutung der PURKINJE'schen Zellen folgt. Hier sei vor Allem erwähnt, dass dieselben in der Entwicklung stehen gebliebene oder zurückgebliebene Elemente nicht gut sein können. Denn in zurück- und stehen gebliebenen Zellen giebt es keine so lebhafte Fortpflanzung, wenigstens nicht in dem Maße, wie es hier der Fall ist. Die vielen Theilungsstadien sprechen aber direkt für eine massenhafte Fortpflanzung. In Folge dessen scheinen die PURKINJE'schen Fäden einen bestimmten Zweck zu haben. Welches jedoch der Zweck ist, ist sehr schwer, mit Bestimmtheit anzugeben. So viel darf man wohl mit Sicherheit in Hinsicht auf ihren Übergang in Herzmuskulatur sagen, dass sie bestimmt sind, Herzmuskelgewebe zu bilden, denn anders könnte der Übergang kaum ungezwungen erklärt werden. Ich glaube nun, dass diesen Zellen die Vermehrung und Regene-

ration frühzeitig zu Grunde gegangener Herzmuskelfasern obliegt. Die Bildungszellen hierzu scheinen mir in den oben erwähnten, helleren, größeren Herzmuskelzellen vorzuliegen, die, wie oben gezeigt, den PURKINJE'schen Zellen entstammen. Vielleicht stellen diese gleichsam noch länger bestehende entwicklungfähige Dauerformen des Herzmuskels dar. Denn während des Lebens gehen wohl viele Herzmuskelzellen zu Grunde, die ersetzt werden müssen, was von den erwähnten Zellen geschehen würde. Doch würden, um den sicheren Beweis hierfür zu bringen, weitere Untersuchungen nothwendig sein.

Ein eigenartiges Verhalten beobachtete ich noch bei vielen Thieren, z. B. Kalb, Schaf und anderen, besonders schön jedoch bei der Taube, in so fern als die PURKINJE'schen Zellen fast immer um Gefäße sich fanden; ich möchte auch hiervon eine Zeichnung geben (Fig. 19 Taube 2, Okular I, Objektiv 7). Man sieht in der Mitte ein Gefäß, ganz umgeben von einem Kranze PURKINJE'scher Zellen. Der von unten kommende Faden theilt sich in zwei Züge, die dieses Gefäß umfassen. Wie gesagt, war dieses Verhalten bei vielen Thieren zu konstatiren, besonders häufig jedoch bei der Taube.

Fassen wir zum Schlusse die Resultate dieser Untersuchungen nochmals kurz zusammen, so ist Folgendes zu sagen:

1) Die von PURKINJE entdeckten Fäden finden sich im Endocard, Myocard und Pericard des Herzens vieler Säugethiere und mancher Vögel.

2) Sie bestehen aus Zellen, die an einander gereiht die Fäden bilden. Zelle grenzt hierbei an Zelle, eine quergestreifte Zwischensubstanz existirt nicht, vielmehr gehört die Querstreifung der Zelle selbst an.

3) Jede PURKINJE'sche Zelle besteht aus einer Wand quergestreifter Muskelsubstanz und einer homogenen Innenmasse, sowie aus einem oder mehreren Kernen. Bis zu vier Kernen konnte ich in einer Zelle beobachten.

4) Die PURKINJE'schen Zellen gehen über in Herzmuskelfasern, die PURKINJE'schen Fäden in ganze Herzmuskelbündel, welche sich noch längere Zeit auszeichnen durch eine größere Form, hellere Farbe und größere Kerne.

5) Die Kerne der Zellen vermehren sich durch Theilung und zwar mitotische — das ist das Seltenere — und amitotische — das ist das Häufigere. Was die Betheiligung des Protoplasma hierbei betrifft, so muss man unterscheiden zwischen jener homogenen Innenmasse und der quergestreiften Wand. Erstere nimmt immer daran Theil,

aber oft nicht vollständig, so dass Verbindungsbrücken bestehen bleiben. Die quergestreifte Wand jedoch theilt sich oft nicht, so dass Zellen mit vielen Kernen bestehen, jeder von einem hellen Hofe umgeben, der übrigens wieder mit anderen durch schmalere oder breitere Brücken zusammenhängen kann.

6) Die Zellen finden sich oft in der Nähe von Blutgefäßen; manchmal sind letztere von einem Kranze solcher Zellen ganz umschlossen.

7) Mit den gewöhnlichen Isolirungsmitteln lassen sich auch die Purkinje'schen Zellen isoliren, doch ist hierzu eine längere Zeit der Einwirkung nöthig als bei den gewöhnlichen Herzmuskelzellen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die zahlreichen Fibrillen, aus denen die quergestreifte Wand besteht, nicht an der Zellgrenze endigen, sondern kontinuirlich von Zelle zu Zelle gehen und so eine innigere Verbindung herstellen.

8) Der Zweck der Purkinje'schen Fäden ist der, Herzmuskulatur zu bilden. Dabei besteht die Wahrscheinlichkeit, dass die Bedeutung der Zellen darin beruht, Herzmuskelbündel zu bilden, die theils das Wachsthum des Herzmuskels bewirken und andererseits im späteren Leben zu Grunde gegangene oder gebrauchsunfähig gewordene Myocardfasern ersetzen. Jedoch muss es weiteren Untersuchungen überlassen bleiben, in wie weit die Sache hier ihre Richtigkeit hat.

Sämmtliche Präparate waren nach Zenker oder mit Sublimatkochsalzlösung behandelt und mit Heidenhain's Eisenhämatoxylin gefärbt.

Zum Schlusse obliegt mir die angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Sr. Excellenz Herrn Geheimrath Professor Dr. A. von Kölliker, für die gütige Überlassung des Themas, für das lebhafte Interesse an meiner Arbeit und für die liebenswürdige Unterstützung bei derselben meinen tiefgefühltesten Dank auszusprechen.

Würzburg, im November 1901.

Litteraturverzeichnis.

Purkinje, Mikroskopisch-neurologische Beobachtungen. Müller's Archiv. 1845.
A. v. Kölliker, Mikroskopische Anatomie. Bd. II. 2. Hälfte. 1. Abth. 1852.
A. v. Kölliker, Handbuch der Gewebelehre. 1852.
A. v. Kölliker. Handbuch der Gewebelehre des Menschen. 5. Aufl. 1867.
Th. v. Hessling, Histologische Mittheilungen. Zeitschr. f. wiss. Zool. 1854.

C. B. Reichert, Bericht über die Fortschritte in der mikroskopischen Anatomie im Jahre 1854. Müller's Archiv. 1855.
F. Leydig, Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere. 1857.
R. Remak, Über die embryologische Grundlage der Zellenlehre. Archiv f. Anat., Physiol. und wissensch. Medicin von C. B. Reichert und E. du Bois-Reymond. 1862.
Ch. Aeby, Über die Bedeutung der Purkinje'schen Fäden im Herzen. Zeitschr. für rationelle Medicin. 3. Reihe. XVII. Bd. 1863.
C. J. Eberth, Die Elemente der quergestreiften Muskeln. Archiv für pathol. Anatomie und Physiologie und für klinische Medicin. XXXVII. Bd. 3. Folge. VII. Bd. 1866.
Obermeier, Über Struktur und Textur der Purkinje'schen Fäden. Archiv für Anatomie, Physiologie und wissensch. Medicin von C. B. Reichert und E. du Bois-Reymond. 1867.
M. Lehnert, Über die Purkinje'schen Fäden. Archiv für mikr. Anat. 1868.
J. Henle, Handbuch der Gefäßlehre des Menschen. 2. Aufl. 1876.
W. Krause, Allgemeine und mikroskopische Anatomie. 1876.
S. Stricker, Handbuch der Lehre von den Geweben des Menschen und der Thiere. I. Bd. C. I—XXIX. 1871.
C. Gegenbaur, Notiz über das Vorkommen der Purkinje'schen Fäden. Morphol. Jahrbuch. Bd. III. 1877.
R. Schmaltz, Die Purkinje'schen Fäden im Herzen der Haussäugethiere. Archiv für wissensch. und praktische Thierheilkunde. XII. 3. u. 4. 1886.
L. Ranvier, Technisches Lehrbuch der Histologie. 1888.
C. Toldt, Lehrbuch der Gewebelehre. 3. Aufl. 1888.
E. Schäfer u. G. D. Thane, Quain's elements of Anatomy. Vol. I. Part II. 1893.
A. A. Böhm u. M. v. Davidoff, Lehrbuch der Histologie des Menschen. 1895.
M. Duval, Précis d'Histologie. 1897.
C. Gegenbaur, Lehrbuch der Anatomie des Menschen. 7. Aufl. 1899.
R. Minervini, Particolarità di struttura delle cellule muscolari del cuore. Anatomischer Anzeiger. Bd. XV. Nr. 1. 1899.
V. v. Ebner, Über die »Kittlinien« der Herzmuskelfasern. Sitzungsberichte der kaiserl. Akad. d. Wissensch. in Wien. Mathem.-naturwissensch. Klasse. Bd. CIX. Abth. III. Dec. 1900.
H. Hoyer, Über die Kontinuität der kontraktilen Fibrillen in den Herzmuskelzellen. 1901.
M. Heidenhain, Über die Struktur des menschlichen Herzmuskels.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XXVII und XXVIII.

Fig. 1. Schaf *c* 4. Längsschnitt durch einen Purkinje'schen Faden. Schwache Vergrößerung. Oc. I, Obj. 3. Nach beiden Seiten Übergang in Herzmuskulatur. *a*. Purkinje'scher Faden, aus Zellen bestehend; *b*, Übergänge in Herzmuskulatur; *c*, Psorospermienschlauch.

Fig. 2. Schaf *c* 4. Dasselbe Präparat, und zwar Übergang des Purkinje-

schen Fadens nach oben in Herzmuskulatur bei starker Vergrößerung. Oc. I, Obj. 7. *a*, homogene Innenmasse der PURKINJE'schen Zellen; *b*, quergestreifte Wand derselben; *c*, Herzmuskulatur.

Fig. 3. Rindsembryo von 13 cm Länge. Übergang embryonaler PURKINJE'scher Zellen in Herzmuskulatur bei starker Vergrößerung. Oc. I, Obj. 7. *a*, PURKINJE'sche Zellen von rundlich ovaler Form; *b*, von mehr rechteckiger Form; *c*, bereits normale Herzmuskelfaser.

Fig. 4. Kalb *I* 12. Übergang PURKINJE'scher Fäden in ganze Herzmuskelbündel im Längsschnitt bei starker Vergrößerung. Oc. I, Obj. 7. *a*, PURKINJE'sche Zelle; *b*, Übergangsformen von solchen; *c*, mit zwei und drei Kernen; *d*, Herzmuskelbündel; *e*, nebenanliegende Herzmuskelfasern der helleren Art; *f*, Anastomose der PURKINJE'schen Bündel.

Fig. 5. Schaf *g* 3. Querschnitt durch ein Schafherz bei starker Vergrößerung. Oc. III, Obj. 7. *a*, PURKINJE'scher Faden, der sich in zwei Züge a_1 und a_2 theilt, welche in Herzmuskelbündel übergehen; a_3 und a_4 nochmalige Theilung des Fadens; *b*, Querschnitt eines Herzmuskelbündels mit quergetroffenen PURKINJE'schen Zellen bei b_1; *c* dessgleichen.

Fig. 6. Rindsembryo von 13 cm Länge. Starke Vergrößerung. Oc. IV, Obj. 7. *a*, embryonale PURKINJE'sche Zellen; *b*, Übergang in Herzmuskulatur; *c*, Mitose in einer PURKINJE'schen Zelle.

Fig. 7. Rindsembryo von 13 cm Länge. Oc. I, Obj. Immers. 9. *a*, PURKINJE'sche Zellen; *b*, solche mit zwei Kernen; *c*, Mitose in einer PURKINJE'schen Zelle; *d*, Bindegewebszellen.

Fig. 8—18. PURKINJE'sche Zellen, gezeichnet bei Oc. I, Obj. 7 und ausgezogenem Tubus.

Fig. 8. Ochs *a* 3. PURKINJE'sche Zelle mit eingebuchtetem Kern, Kernkörperchen in Theilung.

Fig. 9. Ochs *I* 1. Kerne in Theilung begriffen, hängen noch mit einander zusammen.

Fig. 10 und 11. Schaf *d* 1. Kerne bereits getheilt; stehen noch nahe beisammen, die homogene Protoplasmamasse tritt als heller Hof deutlicher hervor.

Fig. 12. Schaf *d* 1. Die Kerne haben sich von einander entfernt.

Fig. 13. Schaf *d* 1. Die Entfernung zwischen beiden Kernen hat sich vergrößert, auch zeigt die homogene Protoplasmamasse beginnende Einschnürung.

Fig. 14. Schaf *e* 3. Kerne, weit aus einander gerückt, homogene Protoplasmamasse biskuitförmig eingeschnürt.

Fig. 15. Schaf *e* 4. Die beiden hellen Höfe sind durch eine Wand getrennt.

Fig. 16. Schaf *e* 3. Es bestehen drei helle Höfe; zwei derselben zeigen je einen Kern, aus dem mittleren jedoch ist derselbe offenbar ausgefallen. Die beiden äußeren Höfe sind vom mittleren durch dazwischengetretene quergestreifte Muskelmasse getrennt, und zwar der linke durch schwächere, der rechte durch stärkere Fibrillenzüge.

Fig. 17. Ochs *I* 1. Eine Zelle mit vier in Theilung begriffenen Kernen.

Fig. 18. Ochs *I* 3. Eine Zelle mit vier getheilten Kernen.

Fig. 19. Querschnitt durch das Herz einer Taube ♀ bei starker Vergrößerung. Oc. I, Obj. 7. Übersicht über die Lage der PURKINJE'schen Zellen zu den Gefäßen. *a*, PURKINJE'sche Zellen, welche eine Arterie umfassen; *b*, Übergang derselben in Herzmuskulatur; *c*, Herzmuskulatur im Querschnitt.

Lebenslauf.

Ich, Hans Karl Hofmann, bayerischer Staatsangehöriger, bin geboren am 1. November 1876 zu Würzburg als Sohn des Custos am Institut für vergleichende Anatomie G. P. Hofmann in Würzburg. Nach Besuch der hiesigen Volksschule und des humanistischen Gymnasiums erwarb ich mir am 14. Juli 1896 das Reifezeugnis daselbst und bezog im Oktober 1896 die Universität zu Würzburg. Der ärztlichen Vorprüfung unterzog ich mich am Ende des vierten Semesters. Nach weiteren fünf Semestern legte ich die ärztliche Staatsprüfung ab und wurde am 13. Juli 1901 als Arzt approbirt. Vorstehende Dissertation habe ich unter Leitung Sr. Excellenz des Herrn Geheimrath Professor Dr. A. v. Kölliker verfasst.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Fig. 1.

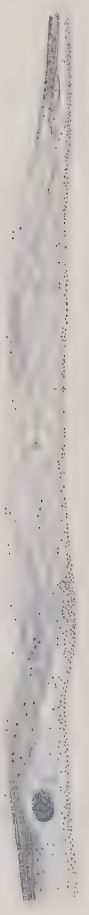


Fig. 2.

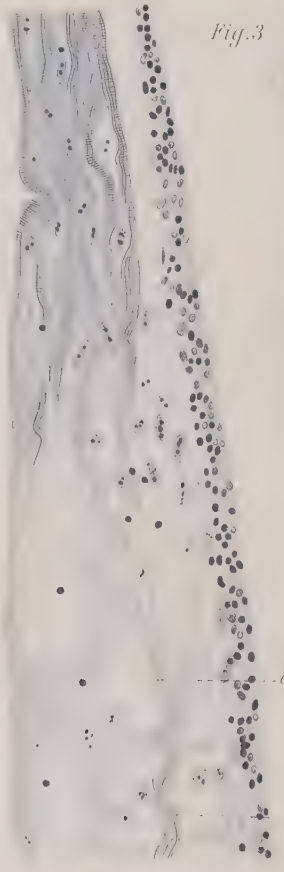


Fig. 3

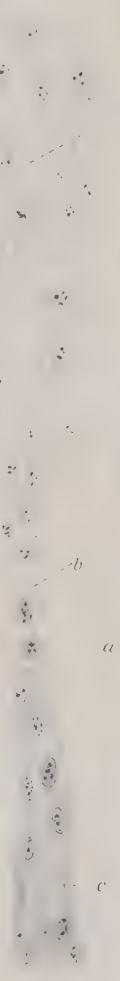


Fig. 4.

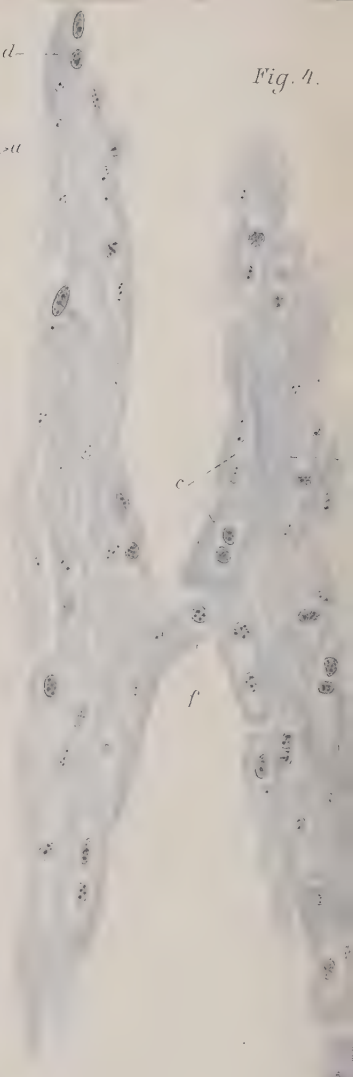


Fig. 8.

Fig. 7.

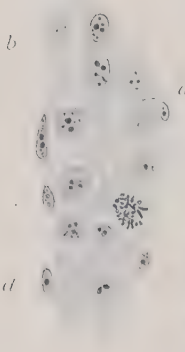


Fig. 9

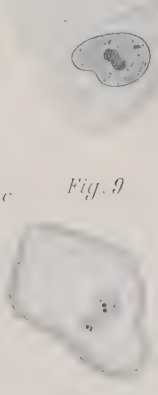


Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 5.

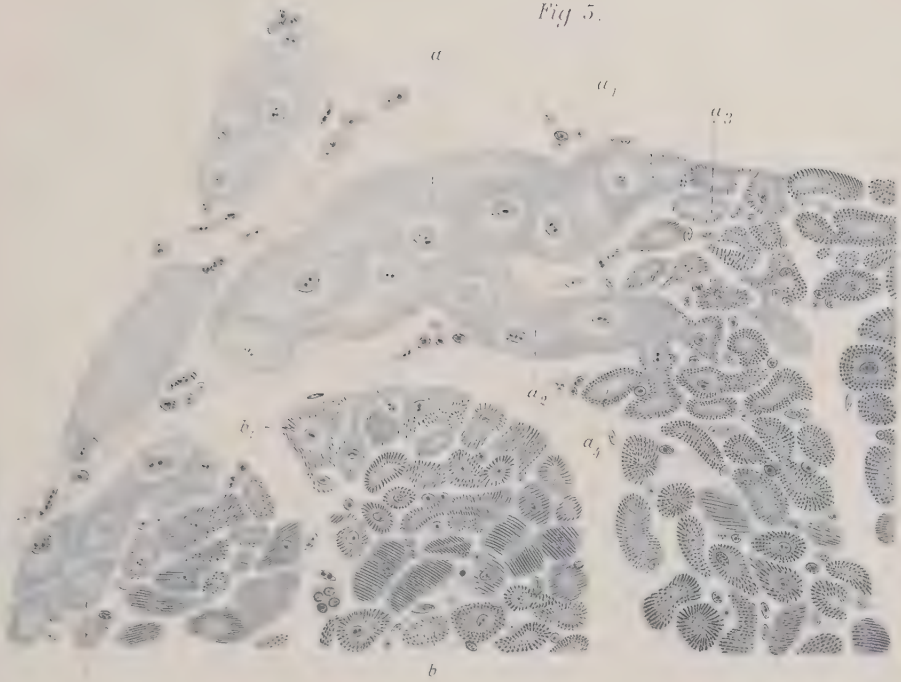


Fig. 6.

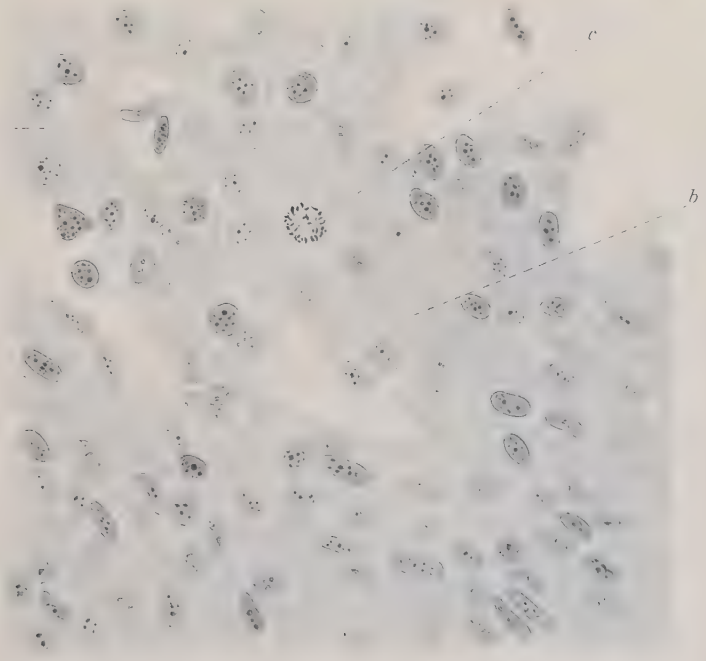


Fig. 12.

14.

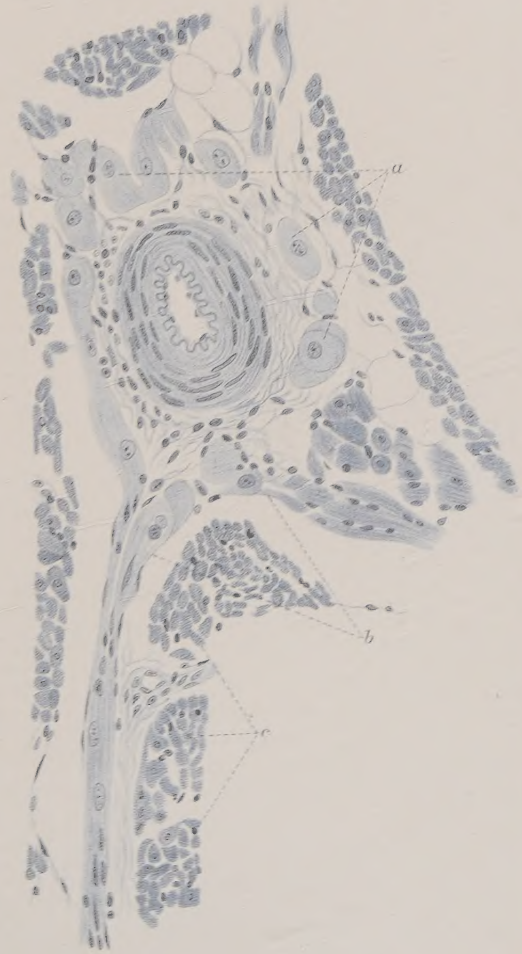
15.

16.

17.

18.

19.



Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig.